

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

26. 3. 2004

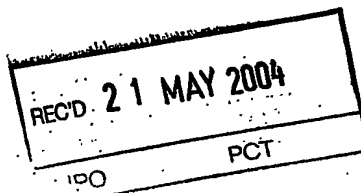
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 9月26日

出願番号
Application Number: 特願2003-334793
[ST. 10/C]: [JP 2003-334793]

出願人
Applicant(s): 住友大阪セメント株式会社

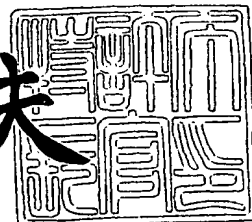


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月30日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 PH150100
【提出日】 平成15年 9月26日
【あて先】 特許庁長官殿
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区六番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内
 【氏名】 橋本 義浩
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区六番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内
 【氏名】 市川 潤一郎
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区六番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内
 【氏名】 日隈 薫
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区六番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内
 【氏名】 藤田 貴久
【特許出願人】
 【識別番号】 000183266
 【氏名又は名称】 住友大阪セメント株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100116687
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 田村 爾
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003- 92777
 【出願日】 平成15年 3月28日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 122689
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【物件名】 代理権を証明する書面 1
 【援用の表示】 包括委任状番号 0 2 1 1 2 8 6 の包括委任状を援用する。

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

電気光学効果を有する基板上に形成された光導波路と、該光導波路を伝播する光波を変調するための複数の光変調部と、該複数の光変調部により変調された光波を合波するよう構成された光変調器に対し、該複数の光変調部における直流バイアスを制御する光変調器のバイアス制御方法において、

該複数の光変調部に印加される変調信号又は直流バイアスに、特定の周波数を有する低周波信号を重畳し、

該合波後の光波から該低周波信号に対応する光量変化を検出し、

該検出された光量変化に基づき、各光変調部の直流バイアスを制御することを特徴とする光変調器のバイアス制御方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の光変調器のバイアス制御方法において、該特定の周波数は、光変調部毎に異なる周波数であることを特徴とする光変調器のバイアス制御方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の光変調器のバイアス制御方法において、該異なる周波数は、互に整数倍の周波数の関係とならないよう構成したことを特徴とする光変調器のバイアス制御方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の光変調器のバイアス制御方法において、該低周波信号が重畳されるタイミングは、光変調部毎に異なるタイミングで行なわれることを特徴とする光変調器のバイアス制御方法。

【請求項 5】

電気光学効果を有する基板上に形成された光導波路と、該光導波路を伝播する光波を変調するための複数の光変調部と、該複数の光変調部により変調された光波を合波するよう構成された光変調器に対し、該複数の光変調部における直流バイアスを制御する光変調器のバイアス制御方法において、

該複数の光変調部のうち少なくとも 1 つの光変調部に印加される変調信号又は直流バイアスに、特定の周波数を有する低周波信号を重畳し、

該低周波信号を重畳した変調信号又は直流バイアスが印加される光変調部から出射する光波より該低周波信号に対応する光量変化を検出し、

該検出された光量変化に基づき、該複数の光変調部のうち全部または一部の光変調部の直流バイアスを制御することを特徴とする光変調器のバイアス制御方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の光変調器のバイアス制御方法において、該複数の光変調部のうち全部または一部の光変調部の直流バイアスの制御は、該光量変化に基づき、各光変調部毎に対応した制御量を決定し制御することを特徴とする光変調器のバイアス制御方法。

【請求項 7】

電気光学効果を有する基板と、該基板上に形成された光導波路と、該光導波路を伝播する光波を変調するための複数の光変調部と、該複数の光変調部により変調された光波を合波するための該光導波路に設けられた合波部とを有する光変調器に対し、該複数の光変調部における直流バイアスを制御するための光変調器のバイアス制御装置において、

該複数の光変調部に直流バイアスを印加するための直流バイアス印加手段と、

該複数の光変調部に印加される変調信号又は直流バイアスに、特定の周波数を有する低周波信号を重畳する低周波信号重畳回路と、

該合波部を通過する光波の光量変化を検出する光検出手段と、

該光検出手段から該低周波信号に対応する光量変化を抽出すると共に、該抽出した光量変化に基づき、該直流バイアス印加手段を制御するバイアス制御手段とを有することを特徴とする光変調器のバイアス制御装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の光変調器のバイアス制御装置において、該低周波信号重畳回路は、低周波信号を発生する低周波信号発生部を、各光変調部に対応して複数有していることを特徴とする光変調器のバイアス制御装置。

【請求項 9】

請求項 7 に記載の光変調器のバイアス制御装置において、該低周波信号重畳回路は、低周波信号を発生する一つの低周波信号発生部を有し、該低周波信号発生部からの低周波信号を各光変調部に切り換えて供給することを特徴とする光変調器のバイアス制御装置。

【請求項 10】

電気光学効果を有する基板と、該基板上に形成された光導波路と、該光導波路を伝播する光波を変調するための複数の光変調部と、該複数の光変調部により変調された光波を合波するための該光導波路に設けられた合波部とを有する光変調器に対し、該複数の光変調部における直流バイアスを制御するための光変調器のバイアス制御装置において、

該複数の光変調部に直流バイアスを印加するための直流バイアス印加手段と、

該複数の光変調部のうち少なくとも 1 つの光変調部に印加される変調信号又は直流バイアスに、特定の周波数を有する低周波信号を重畳する低周波信号重畳回路と、

該低周波信号を重畳した変調信号又は直流バイアスが印加される光変調部から出射する光波より該低周波信号に対応する光量変化を検出する光検出手段と、

該光検出手段から該低周波信号に対応する光量変化を抽出すると共に、該抽出した光量変化に基づき、該複数の光変調部のうち全部または一部の光変調部の直流バイアス印加手段を制御するバイアス制御手段とを有することを特徴とする光変調器のバイアス制御装置。

【請求項 11】

請求項 7 乃至 10 のいずれかに記載の光変調器のバイアス制御装置において、該光検出手段は、該光導波路から該基板内に放射された光波を検出することを特徴とする光変調器のバイアス制御装置。

【請求項 12】

請求項 7 乃至 10 のいずれかに記載の光変調器のバイアス制御装置において、該光検出手段は、該光導波路の近傍に配置された方向性結合器により導出された光波を検出することを特徴とする光変調器のバイアス制御装置。

【請求項 13】

請求項 7 乃至 10 のいずれかに記載の光変調器のバイアス制御装置において、該光検出手段は、該光変調器から出射する光波を光分岐手段を用いて分岐した光波を検出することを特徴とする光変調器のバイアス制御装置。

【請求項 14】

請求項 11 乃至 13 のいずれかに記載の光変調器のバイアス制御装置において、該光検出手段は、少なくとも 2 つ以上の光検知器を有することを特徴とする光変調器のバイアス制御装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】光変調器のバイアス制御方法及びその装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、光変調器のバイアス制御方法及びその装置に関し、特に、内部に複数の光変調部を有する光変調器に対し、各光変調部の直流バイアスを最適に制御するための光変調器のバイアス制御方法及びその装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光通信や光計測の分野において、電気-光変換素子として光変調器が多用されている。

光変調器の例として、 LiNbO_3 などの電気光学効果を有する基板を利用した光強度変調器があるが、このような光変調器は、駆動制御のための直流バイアスの印加量や、使用環境の温度変化により、光の出力特性が経時的に変化する、所謂、ドリフト現象を起こすことが知られている。

【0003】

このようなドリフト現象を抑制する方法としては、以下の特許文献1又は2などのように、光変調器の駆動信号に低周波信号を重畳させ、該光変調器からの出力光に含まれる該低周波信号に係る光量変化をモニタし、実印加電圧に対するバイアス点を検出するものであり、さらに、光変調器に印加される直流バイアスを制御するバイアス補償回路と組み合わせることにより、光応答特性を最適なバイアス点となるように、自動的に補正することを可能とするものである。

【特許文献1】特開昭49-42365号公報

【特許文献2】特開平3-251815号公報

【0004】

他方、急増する情報通信需要に対応して、高密度化、高速化、そして長距離伝送可能な光通信システムが求められており、中でもDWDM通信システムの構築が求められている。このDWDM通信システムにおいては、周波数利用効率の増大や非線形効果耐性の増大（長距離化）などの課題を解消する必要がある、本出願人は、これらの特性に優れた変調器として、単側波帯（Single Side-Band、SSB）変調器を提案してきた。

SSB変調器の一例は、以下の非特許文献1にも記載されている。

【非特許文献1】論文「Xカット LiNbO_3 を用いた光SSB-SC変調器」（日隈薫、他4名、p. 17~21、「住友大阪セメント・テクニカルレポート 2002年版」、住友大阪セメント株式会社新規技術研究所発行、平成13年12月8日）

【0005】

SSB変調器の動作原理について説明する。

図1は、SSB変調器、特にキャリア抑圧光単側波帯（Single Side-Band with Suppressed Carrier、SSB-SC）変調器の光導波路を模式的表した図である。

LiNbO_3 などの電気光学効果を有する基板上にTiなど拡散して図1のような光導波路を形成する。該光導波路は、2つのサブMZ（Mach-Zehnder）導波路 MZ_A 、 MZ_B がメインMZ導波路 MZ_C の各アームに並列に配置された入れこ型のMZ構造を有している。

RF_A 、 RF_B は、サブMZ導波路 MZ_A 、 MZ_B にマイクロ波の変調信号を印加するための進行波型コプレナー電極を簡略化して図示したものである。また、 DC_A 、 DC_B はサブMZ導波路 MZ_A 、 MZ_B に、 DC_C はメインMZ導波路 MZ_C に、所定の位相差を付与するための直流電圧を印加する位相調整用電極を簡略化して図示したものである。

【0006】

図1の動作を説明する前に、キャリア抑圧をしないSSB変調器の原理について説明する。SSB変調技術は無線通信領域で活用されている技術であり、原信号とヒルベルト変換された原信号の和をとることにより、SSB変調信号が得られることが知られている。

キャリア抑圧をしない光SSB変調を実行するためには、図2のようなデュアル駆動の

単独MZ変調器（Zカット基板を利用した例を図示する。）を用いれば良い。

入射光を $\exp(j\omega t)$ として、単一周波RF信号 $\phi \cos \Omega t$ をRFAポートから、また、この信号をヒルベルト変換した信号、 $H[\phi \cos \Omega t] = \phi \sin \Omega t$ をRFBポートからそれぞれ同時に入力する。

$\sin \Omega t = \cos(\Omega t - \pi/2)$ であるから、マイクロ波用の移相器を利用することにより、2つの信号を同時に供給できる。ただし、 ϕ は変調度、 ω 、 Ω はそれぞれ光波とマイクロ波（RF）信号の各周波数を表す。

さらにDCAポートから適当なバイアスを加えて、MZ導波路の両アームを透過する光波に位相差 $\pi/2$ を付与する。

【0007】

これらにより、合波地点での光波の位相項に着目した式は、以下の式（1）で表される。

$$\exp(j\omega t) * \{ \exp(j\phi \cos \Omega t) + \exp(j\phi \sin \Omega t) * \exp(j\pi/2) \} = 2 * \exp(j\omega t) * \{ J_0(\phi) + j * J_1(\phi) \exp(j\Omega t) \} \dots (1)$$

ここで、 J_0 、 J_1 は、0次、1次のベッセル関数であり、2次以降の成分は無視している。

式（1）のように、0次と1次のスペクトル成分は、残存しているが、-1次成分（ J_{-1} ）は失われている（これを、模式的に示すと、図2のMZ導波路の右側に示したようなスペクトル分布をした光波が、MZ導波路から出射される）。

また、-1次成分（ J_{-1} ）を残し、1次成分（ J_1 ）を消去するには、DCAポートに位相差 $-\pi/2$ を付与するバイアスを印加を行うことで達成できる。

【0008】

次に、キャリア抑圧光単側波帯（SSB-SC）変調器の場合には、図1に示すように、単独MZ干渉系の両アームに、サブMZ干渉系を備えた設計になっている。

このサブMZ導波路には、図3に示すような信号を印加する。これは、通常の強度変調をボトム駆動で行っている場合と同じ状況と考えて良い。

このとき、出射光の位相項に着目した式は、次の式（2）により表される。

$$\exp(j\omega t) * \{ \exp(j\phi \sin \Omega t) + \exp(-j\phi \sin \Omega t) * \exp(j\pi) \} = 2 * \exp(j\omega t) * \{ J_{-1}(\phi) \exp(-j\Omega t) + J_1(\phi) \exp(j\Omega t) \} \dots (2)$$

これにより、キャリア成分を含む偶数次のスペクトル成分がキャンセルされていることが分かる（これを、模式的に示すと、図3のMZ導波路の右側に示したようなスペクトル分布をした光波が、MZ導波路から出射される）。

【0009】

そして、上述したSSB変調（式（1）、図2に示した変調方式）とサブMZでのキャリア抑圧手法（式（2）、図3で示した変調方式）とを組み合わせることにより、1次スペクトル（ J_1 項）、-1次スペクトル（ J_{-1} 項）のいずれかのみを選択的に発生させることが可能となる。

J_1 で表される1次スペクトル光の周波数は、 $\omega + \Omega$ であり、 J_{-1} で表される-1次スペクトル光の周波数は、 $\omega - \Omega$ となる。これは、SSB変調器に入射する光（周波数 ω ）を、SSB変調器に印加するマイクロ波の周波数（ Ω ）分だけ、波長シフトさせて、出射光（周波数 $\omega \pm \Omega$ ）として放出することを意味する。

このように、SSB変調器は、光波の波長変換器として利用でき、特に、SSB-SC変調器は、0次スペクトルの発生を抑え、1次又は-1次のスペクトルを効率よく発生させることが可能となる。

【0010】

図1のようにMZ導波路を3つ組合わせた形状の光変調器を、特に、ネスト型光強度変調器（OSSBM: Optical Single Side-Band Modulator）と呼ぶ。

このように、一つの光変調器内に複数の光変調部を組み込む、多機能化、高性能化を図

る光変調器が各種提案されているが、上述したように、電気光学効果を有する基板を利用した光変調器は、常にドリフト現象を内在しているため、光変調部の駆動に係る直流バイアス補正を行い、駆動バイアス点を適正に保つ必要がある。

【0011】

仮に、上述した光変調器に関するドリフト現象の抑制方法を用いるとすると、例えば、図1のネスト型光強度変調器の場合には、3つの直流バイアス DC_A 、 DC_B 、 DC_C を制御することが必要となる。しかも、 DC_A 、 DC_B を補正制御するには、サブMZ A 、MZ B を通過した光波を検知する検知手段を個別に設ける必要があり、これを行わない場合にも、例えば、 DC_A を制御する際には他のMZ部(MZ B 、MZ C)を不動作状態とするなどの制御が必要となる。

このように、光変調部が増加するに従い、光変調器の直流バイアス制御に係る構成が煩雑化し、しかも、特定の光変調部の入出力特性を測るためには、他の光変調部を不動作状態とするなど、定常的な光通信又は光計測時に補正が行えないという不具合を生じることとなる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明の目的は、上述した問題を解決し、複数の光変調部を有する光変調器に対しても、簡単な構造で、しかも光変調器の通常動作中に、各光変調部の直流バイアスを適正に補正することが可能な光変調器のバイアス制御方法及びその装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記課題を解決するために、請求項1に係る発明では、電気光学効果を有する基板上に形成された光導波路と、該光導波路を伝播する光波を変調するための複数の光変調部と、該複数の光変調部により変調された光波を合波するよう構成された光変調器に対し、該複数の光変調部における直流バイアスを制御する光変調器のバイアス制御方法において、該複数の光変調部に印加される変調信号又は直流バイアスに、特定の周波数を有する低周波信号を重畳し、該合波後の光波から該低周波信号に対応する光量変化を検出し、該検出された光量変化に基づき、各光変調部の直流バイアスを制御することを特徴とする。

【0014】

また、請求項2に係る発明では、請求項1に記載の光変調器のバイアス制御方法において、該特定の周波数は、光変調部毎に異なる周波数であることを特徴とする。

【0015】

また、請求項3に係る発明では、請求項2に記載の光変調器のバイアス制御方法において、該異なる周波数は、互に整数倍の周波数の関係とならないよう構成したことを特徴とする。

【0016】

また、請求項4に係る発明では、請求項1に記載の光変調器のバイアス制御方法において、該低周波信号が重畳されるタイミングは、光変調部毎に異なるタイミングで行なわれることを特徴とする。

【0017】

また、請求項5に係る発明では、電気光学効果を有する基板上に形成された光導波路と、該光導波路を伝播する光波を変調するための複数の光変調部と、該複数の光変調部により変調された光波を合波するよう構成された光変調器に対し、該複数の光変調部における直流バイアスを制御する光変調器のバイアス制御方法において、該複数の光変調部のうち少なくとも1つの光変調部に印加される変調信号又は直流バイアスに、特定の周波数を有する低周波信号を重畳し、該低周波信号を重畳した変調信号又は直流バイアスが印加される光変調部から出射する光波より該低周波信号に対応する光量変化を検出し、該検出された光量変化に基づき、該複数の光変調部のうち全部または一部の光変調部の直流バイアスを制御することを特徴とする。

【0018】

また、請求項6に係る発明では、請求項5に記載の光変調器のバイアス制御方法において、該複数の光変調部のうち全部または一部の光変調部の直流バイアスの制御は、該光量変化に基づき、各光変調部毎に対応した制御量を決定し制御することを特徴とする。

【0019】

また、請求項7に係る発明では、電気光学効果を有する基板と、該基板上に形成された光導波路と、該光導波路を伝播する光波を変調するための複数の光変調部と、該複数の光変調部により変調された光波を合波するための該光導波路に設けられた合波部とを有する光変調器に対し、該複数の光変調部における直流バイアスを制御するための光変調器のバイアス制御装置において、該複数の光変調部に直流バイアスを印加するための直流バイアス印加手段と、該複数の光変調部に印加される変調信号又は直流バイアスに、特定の周波数を有する低周波信号を重畳する低周波信号重畳回路と、該合波部を通過する光波の光量変化を検出する光検出手段と、該光検出手段から該低周波信号に対応する光量変化を抽出すると共に、該抽出した光量変化に基づき、該直流バイアス印加手段を制御するバイアス制御手段とを有することを特徴とする。

【0020】

そして、請求項8に係る発明では、請求項7に記載の光変調器のバイアス制御装置において、該低周波信号重畳回路は、低周波信号を発生する低周波信号発生部を、各光変調部に対応して複数有していることを特徴とする。

また、請求項9に係る発明では、請求項7に記載の光変調器のバイアス制御装置において、該低周波信号重畳回路は、低周波信号を発生する一つの低周波信号発生部を有し、該低周波信号発生部からの低周波信号を各光変調部に切り換えて供給することを特徴とする。

【0021】

また、請求項10に係る発明では、電気光学効果を有する基板と、該基板上に形成された光導波路と、該光導波路を伝播する光波を変調するための複数の光変調部と、該複数の光変調部により変調された光波を合波するための該光導波路に設けられた合波部とを有する光変調器に対し、該複数の光変調部における直流バイアスを制御するための光変調器のバイアス制御装置において、該複数の光変調部に直流バイアスを印加するための直流バイアス印加手段と、該複数の光変調部のうち少なくとも1つの光変調部に印加される変調信号又は直流バイアスに、特定の周波数を有する低周波信号を重畳する低周波信号重畳回路と、該低周波信号を重畳した変調信号又は直流バイアスが印加される光変調部から出射する光波より該低周波信号に対応する光量変化を検出する光検出手段と、該光検出手段から該低周波信号に対応する光量変化を抽出すると共に、該抽出した光量変化に基づき、該複数の光変調部のうち全部または一部の光変調部の直流バイアス印加手段を制御するバイアス制御手段とを有することを特徴とする。

【0022】

また、請求項11に係る発明では、請求項7乃至10のいずれかに記載の光変調器のバイアス制御装置において、該光検出手段は、該光導波路から該基板内に放射された光波を検出することを特徴とする。

【0023】

また、請求項12に係る発明では、請求項7乃至10のいずれかに記載の光変調器のバイアス制御装置において、該光検出手段は、該光導波路の近傍に配置された方向性結合器により導出された光波を検出することを特徴とする。

【0024】

また、請求項13に係る発明では、請求項7乃至10のいずれかに記載の光変調器のバイアス制御装置において、該光検出手段は、該光変調器から出射する光波を光分岐手段を用いて分岐した光波を検出することを特徴とする。

【0025】

また、請求項14に係る発明では、請求項11乃至13のいずれかに記載の光変調器の

バイアス制御装置において、該光検出手段は、少なくとも2つ以上の光検知器を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0026】

請求項1に係る発明により、光変調部毎に特定の低周波信号を印加し、それに対応した光量変化を検出することにより、各光変調部のドリフト現象に関する状況を容易に把握することが可能となる。しかも、光変調器及びバイアス制御回路を、特段、複雑化させることも無く、かつ、光変調器の利用時でも各光変調部の直流バイアス制御が可能となる。

【0027】

請求項2に係る発明により、各光変調部のドリフト現象に関する状況が、各光変調部に対応した周波数信号毎に把握でき、しかも、各光変調部に印加される低周波信号の周波数が異なるため、同時に複数の光変調部の挙動を把握することも可能となる。

【0028】

複数の光変調部におけるドリフト現象の状態を同時に把握する際に、異なる周波数が互に整数倍の周波数の関係にある場合、他の光変調部に印加された低周波信号による入出力特性変化も、着目している光変調部の特性として同時に検出するという不具合を生じる可能性がある。請求項3に係る発明により、このような不具合を解消することが可能となる。

【0029】

請求項4に係る発明により、低周波信号の周波数が1又は僅かの種類である場合においても、重畳するタイミングをずらすことにより、多数の光変調部のバイアス制御が可能となる。

【0030】

請求項5に係る発明により、該複数の光変調部のうち少なくとも1つの光変調部に特定の低周波信号を印加し、該光変調部から出射する光波より該低周波信号に対応する光量変化を検出し、該検出された光量変化に基づき、該光変調部のみならず、他の光変調部の直流バイアスを制御する。これにより、個々の光変調部に対応した低周波信号の重畳や出力光波の検出が不要となり、光変調器全体の構造を複雑化させることなく、容易に各光変調部の直流バイアスを適正状態に制御することが可能となる。しかも、光変調器の利用時でも各光変調部の直流バイアス制御が可能となる。

【0031】

低周波信号が印加される光変調部とその他の光変調部とのドリフト現象における相関関係を、光変調器の設計や各光変調器の特性測定等により予め決定することで、低周波信号が印加された光変調部の光量変化に基づき、前記相関関係を参考に各光変調部の制御量を決定することが可能となる。そして、請求項6に係る発明のように、一部の光変調部のドリフト現象を測定するだけで、各光変調部毎の制御量を適正に維持することが可能となり、光変調器における制御機構の複雑化を抑制し、光変調器の利用時にも効率的な制御が可能となる。

【0032】

請求項7に係る発明により、請求項1と同様に、光変調部毎に特定の低周波信号を印加し、それに対応した光量変化を検出することにより、各光変調部のドリフト現象に関する状況を容易に把握することが可能となる。しかも、光変調器及びバイアス制御回路を、特段、複雑化させることも無く、かつ、光変調器の利用時でも各光変調部の直流バイアス制御が可能となる。

特に、請求項8に係る発明により、各光変調部に印加される低周波信号の周波数が異なるため、同時に複数の光変調部の挙動を把握でき、また、請求項9に係る発明により、低周波信号の周波数が1種類である場合においても、各光変調部に切り換えて低周波信号を供給することにより、多数の光変調部のバイアス制御が可能となる。

【0033】

請求項10に係る発明により、請求項5又は6と同様に、個々の光変調部に対応した低

周波信号の重畳や出力光波の検出が不要となり、光変調器全体の構造を複雑化させることなく、容易に各光変調部の直流バイアスを適正状態に制御することが可能となる。しかも、光変調器の利用時でも各光変調部の直流バイアス制御が可能となる。しかも、低周波信号が印加される光変調部とその他の光変調部とのドリフト現象における相関関係を予め決定することにより、バイアス制御手段の設定・調整により、各光変調部の直流バイアスを適正に制御することが可能となる。

【0034】

光変調器においては、光導波路の合波部などから基板内に、迷光と呼ばれる、光波が放射されており、請求項11に係る発明により、該光波を有効利用することにより、光変調器から出射される信号光を直接又はその一部を検知する必要が無く、信号光の劣化を防止することが可能となる。

【0035】

請求項12に係る発明により、方向性結合器を利用して、基板内の光導波路を伝播する光波を、任意の場所で検知することが可能となる。しかも、方向性結合器は、基板上の光導波路と同様のプロセスで形成可能であるため、光導波路と同時に形成することが可能である。

【0036】

請求項13に係る発明により、光変調器から出射する光信号を直接検知するため、光変調器全体又は各光変調部の入出力特性を正確に把握することが可能となる。しかも、光変調器の近傍に光検出器を配置することが難しい場合においても、光変調器からの出射光を外部に導出する光ファイバーなどの光路に、分岐導波路や偏光ビーム・スプリッター、フォト・カプラーなどの光分岐手段を用いることにより、任意の位置で光検出することも可能となる。

【0037】

請求項14に係る発明により、複数の光変調部に対応して、光検出器を複数設置することにより、一つの検出器が担当する光変調部の数を削減できる。このため、低周波信号の周波数に適應した光検出器を選択することが可能となるため、該周波数の選択の幅が広がると共に、各低周波信号に対応する光量変化を抽出する回路の負担も軽減することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0038】

以下、本発明を好適例を用いて詳細に説明する。

図4は、本発明に係る光変調器のバイアス制御装置の一実施例を示す概略図である。

光変調器1は、図1で説明したネスト型光強度変調器であり、レーザ光などの光波は、光変調器1に入射し、該光変調器1内を伝播する中で所定の変調を受け、光信号として光変調器1から出射する。

以下では、ネスト型光強度変調器を例に説明するが、本発明はこれに限るものではなく、複数の光変調部（強度変調機能や位相変調機能を有する部分）を組合わせて構成された光変調器であるならば、本発明が適用可能である。

【0039】

光変調器1内では、サブMZ型光導波路 MZ_A 、 MZ_B 、及びメインMZ型光導波路 MZ_C が形成されると共に、該光導波路に対応して設けられた各種の変調電極により、複数の光変調部が形成されている。

例えば、 MZ_A に係る光変調部では、変調信号 RF_A と直流バイアス電圧 DC_A が印加され、例えば図3に示すような光変調が行なわれている。

MZ_B に係る光変調部は、基本的に MZ_A と同様であり、また、 MZ_C に係る光変調部では、直流バイアス電圧 DC_C により所定の位相差を付与するよう構成されている。

【0040】

光変調器のバイアス制御装置の概略について説明する。

サブMZ型光導波路 MZ_B に着目すると、2は、変調信号 b に低周波信号 f_B を重畳す

ると共に、変調信号の増幅機能を有する低周波重畳回路である。低周波重畳回路 2 の出力は、変調信号 RF_B として、サブ MZ 型光導波路 MZ_B に印加され、該光導波路を伝播する光波に対して所定の変調を行なう。3 は、直流バイアス印加回路であり、サブ MZ 型光導波路 MZ_B に対し所定の直流バイアス電圧 DC_B を印加する。

【0041】

サブ MZ 型光導波路 MZ_B を伝播する光波は、メイン MZ 型光導波路 MZ_c の合波部において、他方のサブ MZ 型光導波路 MZ_A を伝播した光波と干渉し、光変調器 1 から出射光波として出力される。

該出射光波の一部は、フォト・カプラー 12 により、光検出器 9 に入射される。光検出器 9 は、光量変化に対応する信号を出力し、5 の低周波信号成分検出回路により、光検出器 9 の出力信号に含まれる低周波信号 f_B の光量変化を検出し、バイアス制御回路 4 に出力する。なお、低周波信号成分検出回路 5 には、参照信号として低周波信号 f_B が印加されている。

バイアス制御回路 4 では、先に示した特開昭 49-42365 号公報、特開平 3-251815 号公報などのように、低周波信号に係る光量変化の値から、最適な直流バイアス電圧 DC_B を求め、直流バイアス印加回路 3 を制御する。

図 4 の点線で囲む領域 B は、サブ MZ 型光導波路 MZ_B に対するバイアス制御手段を示す。また、領域 A は、同様にサブ MZ 型光導波路 MZ_A に対するバイアス制御手段を示している。

【0042】

メイン MZ 型光導波路 MZ_c に着目すると、7 のバイアス制御回路には、直流バイアス電圧 DC_c として印加される電圧の初期値を指示する、信号 c が入力される。該バイアス制御回路 7 は該入力信号 c に対応して、直流バイアス印加回路 6 を制御し、所定の電圧を DC_c に供給する。さらに、直流バイアス印加回路 6 には低周波信号 f_c が入力され、バイアス制御回路 7 に対応した印加電圧に、該低周波信号を重畳した電圧を、 DC_c に供給する。

入力信号 c を変更すると、該信号 c に対応した所定電圧に低周波信号が重畳された直流バイアス電圧が DC_c に供給され、メイン MZ 型光導波路 MZ_c を伝播する光波に、該印加電圧に対応した所定の位相差変調を与える。

【0043】

メイン MZ 光導波路 MZ_c を伝播する光波は、上記位相差変調を受けた後、光変調器 1 より出射され、光信号として外部に出力される。

出射光波の一部は、上述したようにフォト・カプラー 12 により、光検出器 9 に入射され、8 の低周波信号成分検出回路により、光検出器 9 の出力信号に含まれる低周波信号 f_c の光量変化を検出し、バイアス制御回路 7 に出力する。なお、低周波信号成分検出回路 8 には、参照信号として低周波信号 f_c が印加されている。

バイアス制御回路 7 では、低周波信号に係る光量変化の値から、最適な直流バイアス電圧 DC_c を求め、直流バイアス印加回路 6 を制御する。

図 4 の点線で囲む領域 C は、メイン MZ 型光導波路 MZ_c に対するバイアス制御手段を示す。

【0044】

次に、上述した光変調器のバイアス制御装置を用いた、バイアス制御方法を説明する。

光変調器 1 には、入射光波が入力されると、光変調器 1 内において光波はサブ MZ 型光導波路 MZ_A 、 MZ_B に分岐される。サブ MZ 型光導波路 MZ_B においては、入力信号 b に低周波信号 f_B を重畳した変調信号 RF_B により、伝播する光波を変調する。他方、サブ MZ 型光導波路 MZ_A においても同様に、不図示の入力信号 a に低周波信号 f_A を重畳した変調信号 RF_A により、伝播する光波を変調する。

2 つのサブ MZ 型光導波路で変調された光波は、メイン MZ 型光導波路 MZ_c により、所定の位相差を付与され、光変調器 1 から光信号として出射する。なお、該位相差は、入力信号 c に対応する所定電圧に低周波信号 f_c を重畳した直流バイアス電圧 DC_c に対応

するものである。

【0045】

光変調器 1 からの出射光波は、フォト・カプラー 12 により、その一部が光検出器 9 に入射する。光検出器の出力は、バイアス制御手段 A, B, C に各々入力され、上述した各バイアス制御手段の手順により、直流バイアス電圧 DC_A , DC_B , DC_C が制御される。

本実施例の特徴は、バイアス制御手段 A, B, C 毎に、特定の低周波信号 f_A , f_B , f_C を利用することにより、各光変調部である MZ_A , MZ_B , MZ_C における各低周波信号による光変調と、光検出器の出力信号から該低周波信号に対応する光量変化を検出することにより、各光変調部の状態を的確に把握することが可能となることである。

このため、光変調器を通常の通信等に利用している間でも、該通信信号の周波数と比較して極めて低い低周波信号を用いることにより、通信に与える影響は無視でき、しかも光変調部のバイアス制御も行なうことが可能となる。

【0046】

光検出器の出力信号から、各低周波信号毎の信号成分を抽出・検出する際の精度を高めるには、低周波信号の周波数を全て異なる周波数とすることが好ましく、特に、各周波数の関係が、互いに整数倍となることが無いよう、低周波信号の周波数を設定すると、より優れた検出性能を実現できる。

また、図 5 に示すように、1 つの低周波信号 f を利用し、出力切り替え手段 20 により、所定のタイミングでバイアス制御手段 A, B, C に印加する低周波信号を順次切り換えて利用することも可能である。

この場合、各バイアス制御手段は、低周波信号が入力されているときのみ作動し、上述のバイアス制御を実施するよう構成される。

【0047】

次に、本発明に係る光検出方法の他の例について述べる。

図 6 は、出射光波を、分岐導波路や偏光ビーム・スプリッター、フォト・カプラーなどの光分岐手段 30, 31, 32 を用いて、出射光波の一部を光検出器 33, 34, 35 に導くものである。このように、光変調器から出射する光信号を直接検知することにより、光変調器全体又は各光変調部の入出力特性を正確に把握することが可能となる。また、光変調器の近傍に光検出器を配置することが難しい場合においても、光変調器からの出射光を外部に導出する光ファイバーなどを介在させ、その途中に光分岐手段を用いることにより、任意の位置で光検出することも可能となる。

しかも、各バイアス制御手段毎に光検出器 33 ~ 35 を有しているため、1 つの光検出器が担当すべき光変調部も 1 つであり、低周波信号の周波数に適応した光検出器を選択することが可能となる。そのため、該周波数の選択の幅が広がると共に、各低周波信号に対応する光量変化を抽出する回路の負担も軽減することが可能となる。

【0048】

また、図 7 (a) には、光検出方法として、光導波路から基板内に放射された光波 (迷光) 40 を、光検出器 41 により検出するものが示されている。このように、光変調器においては、光導波路の合波部などから基板内に迷光が放射されており、該迷光を有効利用することにより、光変調器から出射される信号光を直接又はその一部を検知する必要が無く、信号光の劣化を防止することが可能となる。

【0049】

さらに、図 7 (b) には、光導波路の近傍に配置された方向性結合器 50 により導出された光波を、光検出器 51 により検出することが示されている。光検出器 52 は、バイアス制御手段 A, C に用いられる光波の状態を検出するためのものである。

このように、方向性結合器などを利用して、基板内の光導波路を伝播する光波を、任意の場所で検知することが可能となる。しかも、方向性結合器は、基板上の光導波路と同様のプロセスで形成可能であるため、光導波路と同時に形成することが可能である。

このような光検出方法は、光変調器の出射光波から該当する光変調部の状態に対応した

信号を検出するのが難しい場合や、該当する光変調部の影響を、光変調器全体の出射光波の光量変化から除去したい場合などに、特に有効な手法である。

【0050】

次に、複数の光変調部のうち少なくとも1つの光変調部のドリフト現象を測定し、その結果を他の光変調部の直流バイアスの補正に適用する制御方法について説明する。

複数の光変調部を同一の基板上に組み込む場合には、該複数の光変調部のうち一部の光変調部がドリフト現象を生じる場合には、一般的に、他の光変調部においても同様にドリフト現象が発生している可能性が高い。そして、そのドリフト現象の発生傾向は、同一基板であるがゆえに、基板の温度変化などドリフト現象の発生原因も同じであるため、ドリフト現象による状態変化が類似している傾向にある。特に、光量変化が測定される光変調部に近接して配置される他の光変調部や、SSB変調器のように光変調部が対称に配置されている光変調部間では、ドリフト現象の状態が類似している傾向になる。

【0051】

上記の特性を利用し、複数の光変調部のうち少なくとも1つの光変調部においてドリフト現象を測定し、その測定結果を参考に、他の光変調部の直流バイアスを制御することが可能となる。

具体例として、図8(a), (b)に、特定の光変調部で測定した結果を、他の光変調部に適用する例を示す。

【0052】

図8(a)は、サブMZ_Aの光変調部において測定したドリフト現象から、サブMZ_Aのみならず、他の光変調部であるサブMZ_BやメインMZ_Cを制御する方法を示したものである。

まず、サブMZ_Aの光変調部に低周波信号を重畳し、該光変調部MZ_Aから出射する光波の一部を、方向性結合器60で取り出し、上述したように不図示の光検出器により検出した光信号61をバイアス制御手段62に入力する。

バイアス制御手段62においては、重畳した低周波信号に対応する光量変化を測定し、サブMZ_Aに発生しているドリフト現象の状態を判断し、サブMZ_Aに印加される直流バイアスDC_Aを適正值に設定する。

【0053】

また、バイアス制御手段62は、サブMZ_B及びメインMZ_Cについても、サブMZ_Aのドリフト現象を示す上記光量変化に基づき、各直流バイアスDC_B, DC_Cの適正な値を設定する。

例えば、サブMZ_AとサブMZ_Bは、対称な形状をしていることから、直流バイアスの補正量も同様にし、メインMZ_Cについては、予めサブMZ_Aのドリフト現象とメインMZ_Cのドリフト現象との相関関係を測定しておき、その相関関係に基づき、メインMZ_Cの直流バイアスDC_Cの適正值を算出するように構成されている。

【0054】

直流バイアスの制御量は、光変調部の形状はもとより、基板の状態、使用環境などの各種要因により変化することから、予め、光変調器の設計段階で、光変調器内に組み込まれた光変調部間のドリフト現象に係る相関関係が予測能である場合には、上記バイアス制御手段62は、その相関関係に基づき設定することが可能であるが、光変調器の製品毎のパラッキなどが存在する場合には、個々の光変調器毎に、相関関係を設定、あるいは、予め設定されている相関関係の設定値を補正可能なように構成することが好ましい。

【0055】

図8(b)は、サブMZ_Aの光変調部において測定したドリフト現象から、サブMZ_A及びサブMZ_Bを制御する方法を示したものである。

なお、図8(b)では、方向性結合器70から取り出す光波は、光変調器全体の光軸に対して略垂直方向に出射するように設定されている。このように、光検出器の配置や、光変調器を含む装置全体の構成・配置により、方向性結合器の出射部は、基板上の任意の位置に設定することが可能である。

サブMZ_A 及びサブMZ_B の制御方法は、基本的に図8 (a) と同様である。方向性結合器70からの出射光を不図示の光検出器に導入し、該光検出器からの光信号をバイアス制御手段71に入力する。そして、バイアス制御手段71において、直流バイアスDC_A , DC_B の最適値を設定し、制御を行う。

他方、メインMZ_C については、別のバイアス制御手段72により制御を行う。

【0056】

本発明は、以上説明したものに限られるものではなく、例えば、上述した複数の光変調部を単一基板上に形成したものに限らず、複数の光変調器を組合わせて、全体として複数の光変調部を有する光変調器を構成したものも含むものであり、また、複数の光変調部からの光波を全て合波するものに限らず、一部の光波のみ合波するものも含むものである。さらには、本発明の目的を逸脱しない範囲において、当該技術分野において公知の技術を付加したものも包含するものであることは、言うまでもない。

【産業上の利用可能性】

【0057】

以上、説明したように、本発明によれば、複数の光変調部を有する光変調器に対しても、簡単な構造で、しかも光変調器の通常動作中に、各光変調部の直流バイアスを適正に補正することが可能な光変調器のバイアス制御方法及びその装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図1】SSB変調器の概略図である。

【図2】SSB変調器のメインMZ導波路の役割を示す図である。

【図3】SSB変調器のサブMZ導波路の役割を示す図である。

【図4】本発明の光変調器のバイアス制御装置の概略図である。

【図5】本発明に係る低周波信号の印加方法の一例を示す図である。

【図6】本発明に係る光検出方法の一例を示す図である。

【図7】本発明に係る光検出方法の他の例を示す図である。

【図8】本発明に係る一部の光変調部の状態から他の光変調部を制御する制御方法を示す図である。

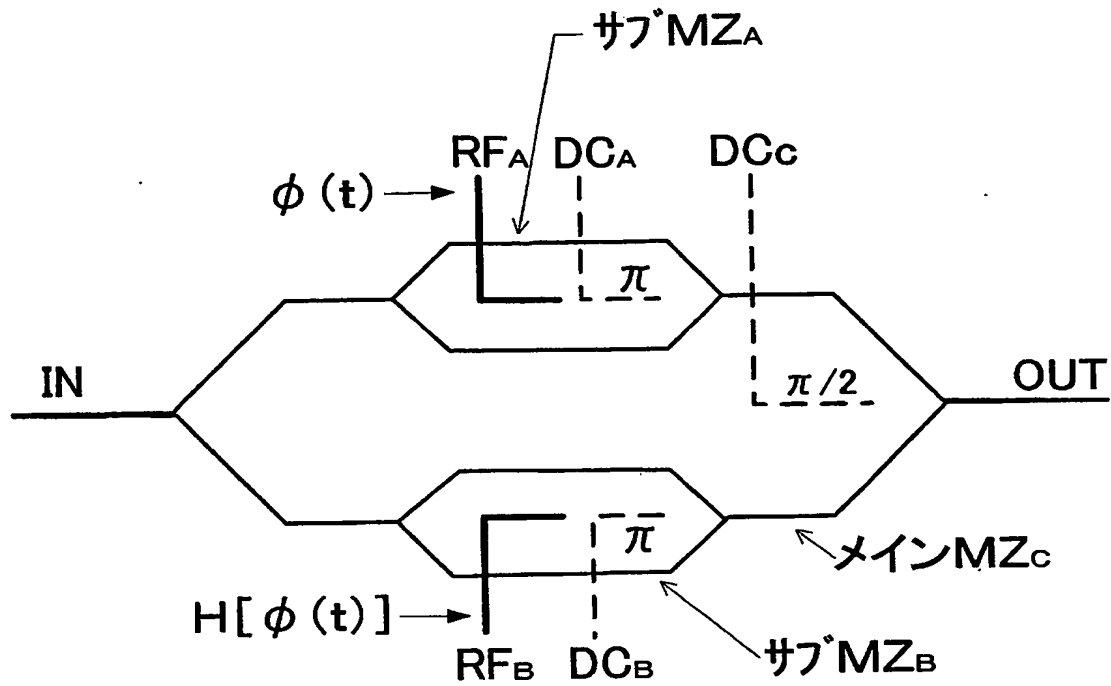
【符号の説明】

【0059】

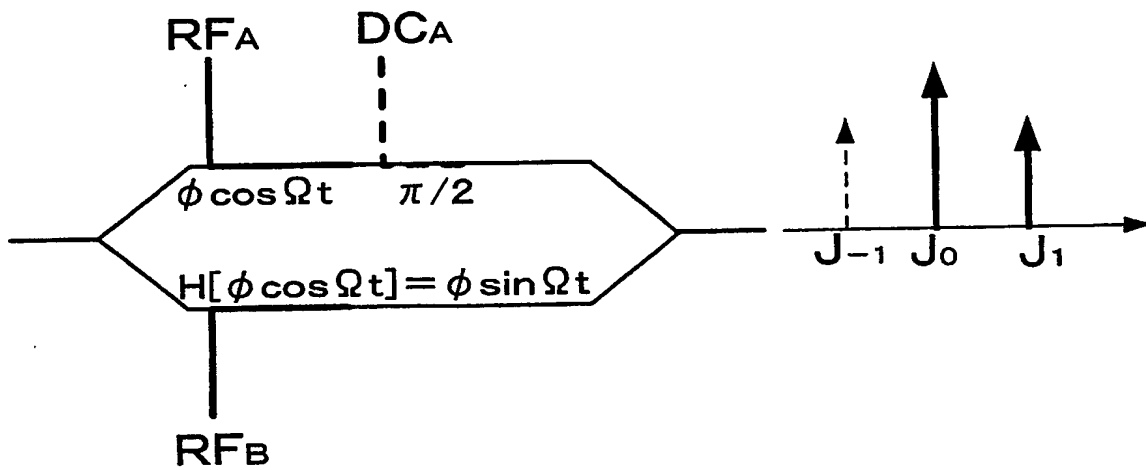
- 1 ネスト型光強度変調器
- 2 低周波信号重畳回路
- 3 直流バイアス印加回路
- 4 バイアス制御回路
- 5 低周波信号成分検出回路
- 9 光検出器
- 10 低周波信号発生器

【書類名】 図面

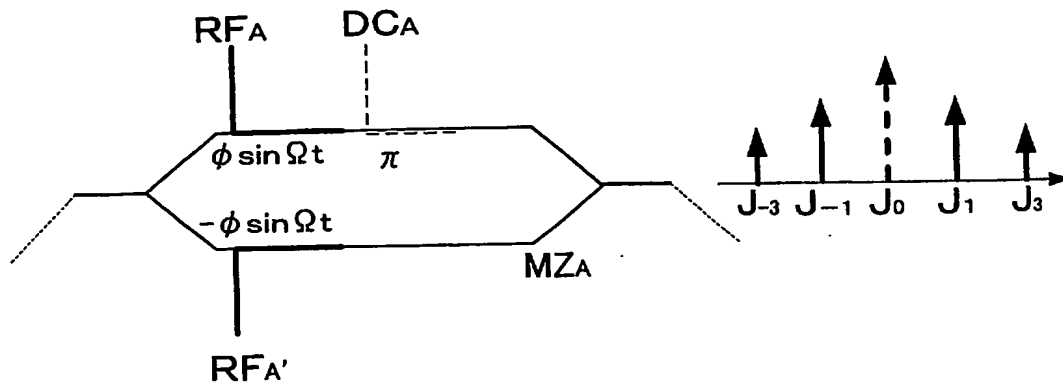
【図 1】



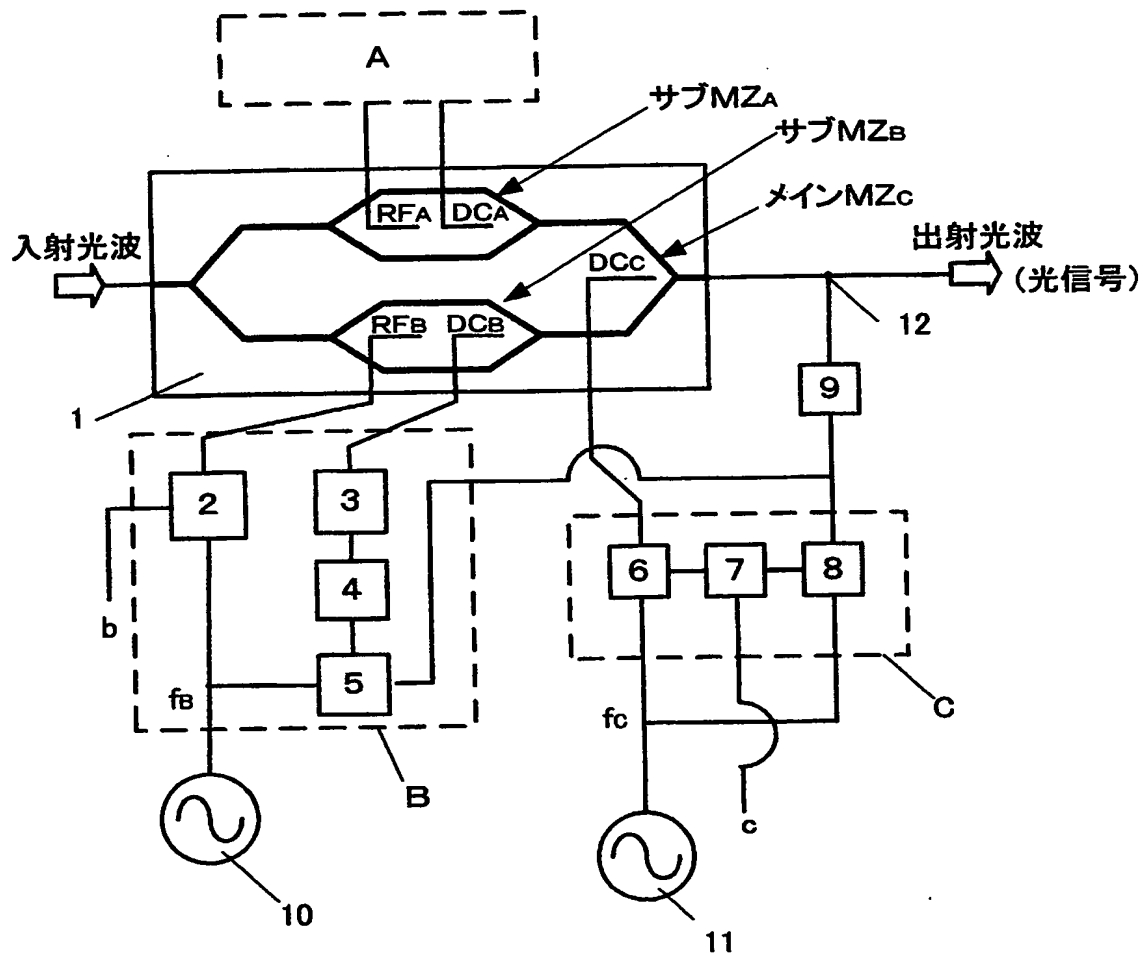
【図 2】



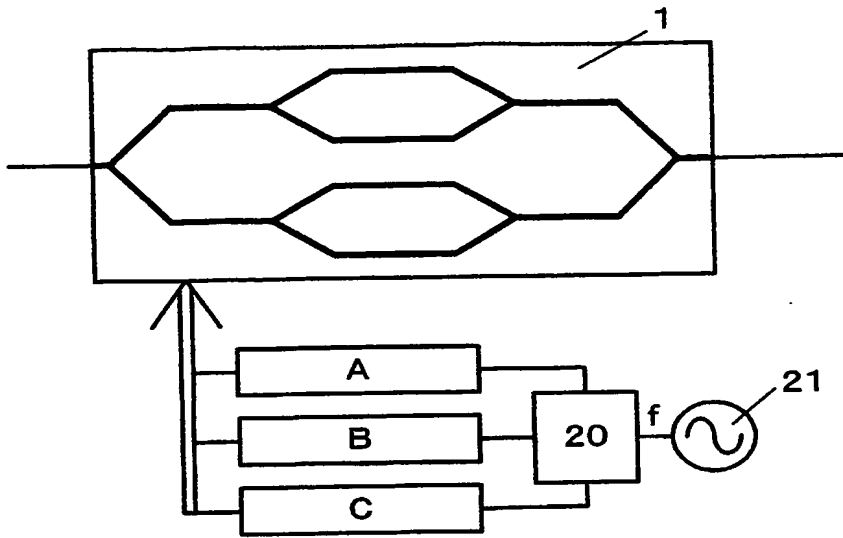
【図 3】



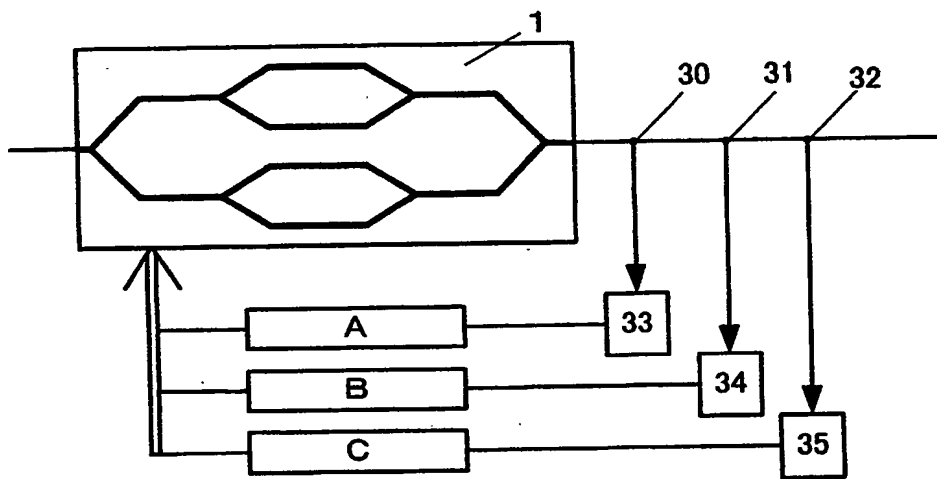
【図 4】



【図 5】

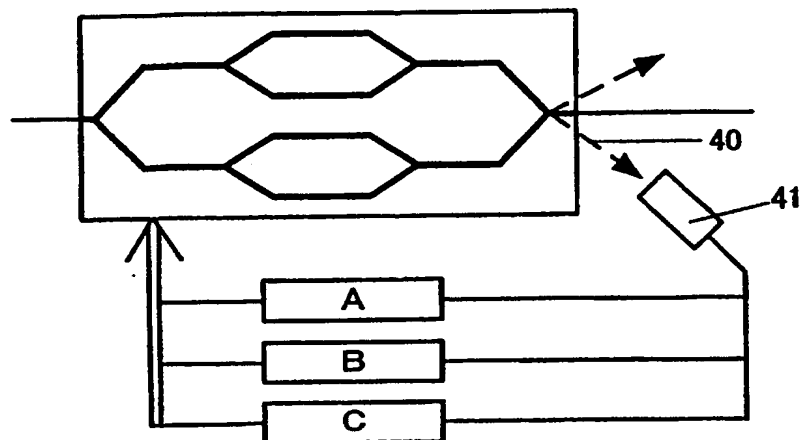


【図 6】

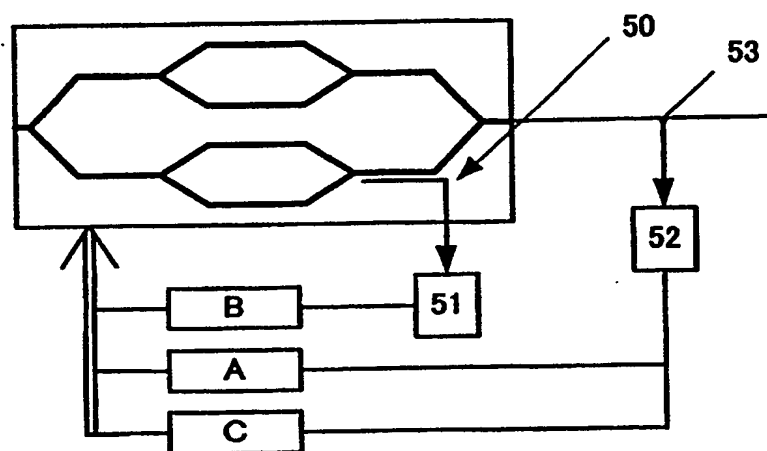


【図 7】

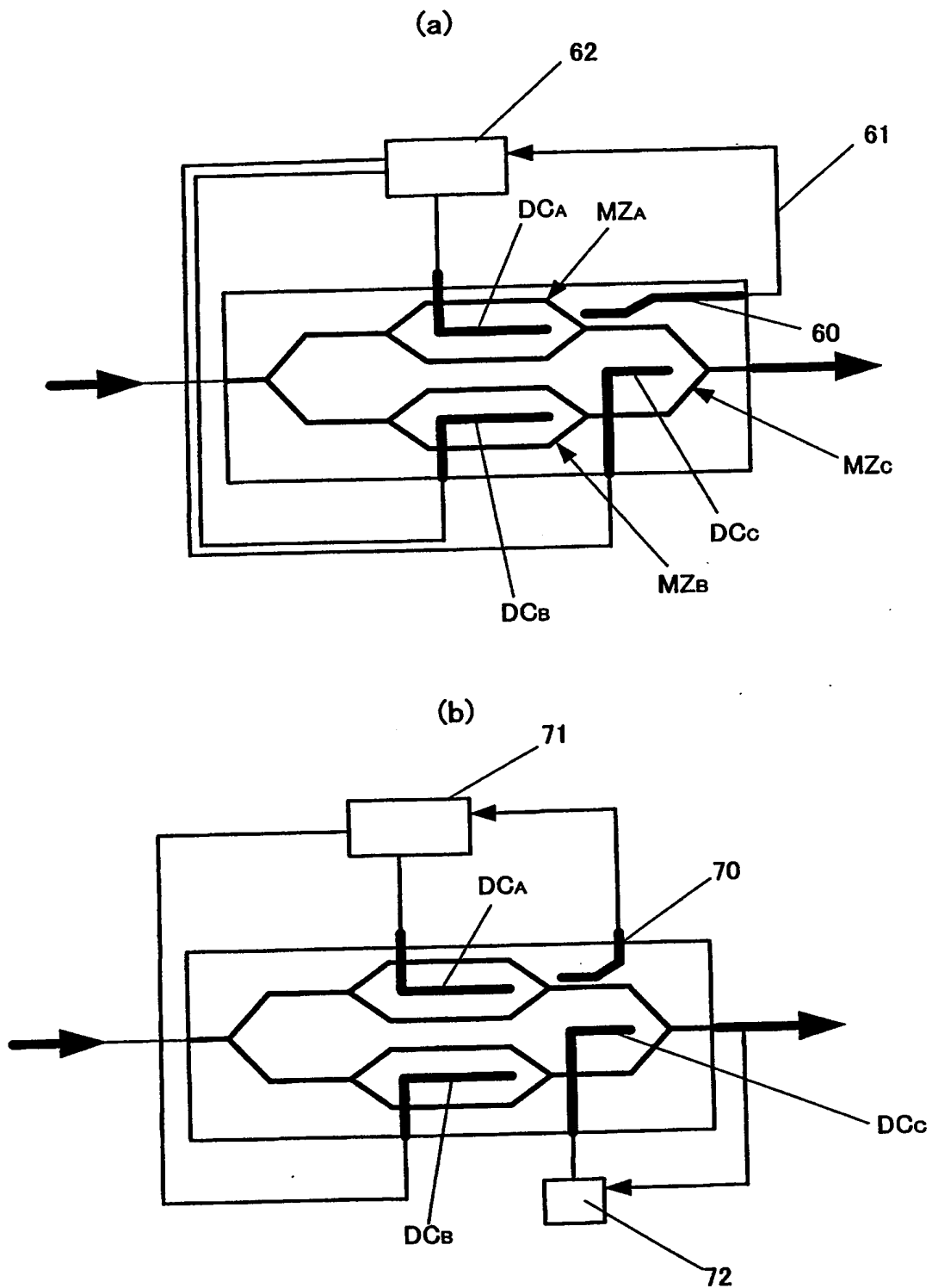
(a)



(b)



【図 8】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】

複数の光変調部を有する光変調器に対しても、簡単な構造で、しかも光変調器の通常動作中に、各光変調部の直流バイアスを適正に補正することが可能な光変調器のバイアス制御方法及びその装置を提供すること。

【解決手段】

複数の光変調部を有する光変調器 1 に対し、該複数の光変調部における直流バイアスを制御するための光変調器のバイアス制御装置 B において、該複数の光変調部に直流バイアスを印加するための直流バイアス印加手段 3 と、該複数の光変調部に印加される変調信号 b に、特定の周波数を有する低周波信号 f_B を重畳する低周波信号重畳回路 2 と、該合波部を通過する光波の光量変化を検出する光検出手段 9 と、該光検出手段から該低周波信号に対応する光量変化を抽出すると共に、該抽出した光量変化に基づき、該直流バイアス印加手段を制御するバイアス制御手段 4 とを有することを特徴とする。

【選択図】図 4

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-334793
受付番号	50301590347
書類名	特許願
担当官	小暮 千代子 6390
作成日	平成15年10月 8日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000183266
【住所又は居所】	東京都千代田区六番町 6 番地 2 8
【氏名又は名称】	住友大阪セメント株式会社

【代理人】

【識別番号】	100116687
【住所又は居所】	東京都港区赤坂 1 丁目 4 番 1 0 号 荒川ビル 4 階
【氏名又は名称】	田村 爾

特願 2 0 0 3 - 3 3 4 7 9 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 8 3 2 6 6]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 8 月 2 3 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区六番町 6 番地 2 8

氏 名

住友大阪セメント株式会社